



Centro Universitário de Brasília  
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD

## ADAPTAÇÕES TEMPORAIS DA ARQUITETURA E DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DO JOELHO EM PACIENTES SUBMETIDOS A CIRURGIA DE RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.

Vinícius Araújo Bispo\*

### RESUMO

**Introdução:** A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é um procedimento cirúrgico comum entre os cirurgiões ortopédicos. Dentre as complicações após a RLCA, a fraqueza do músculo quadríceps pode estar presente. A deficiência do joelho muitas vezes é caracterizada por diminuição da força muscular, levando a incapacidades que podem ser atribuídas à atrofia muscular e comprometimento da capacidade neuromuscular. **Objetivo:** Verificar as adaptações temporais referentes à arquitetura e desempenho neuromuscular de pacientes submetidos a cirurgia do ligamento cruzado anterior. **Metodologia:** Esse estudo é caracterizado como longitudinal, composto por pacientes submetidos à cirurgia de RLCA utilizando o enxerto do tendão patelar homolateral (TPH). As variáveis dependentes foram avaliadas antes e após a RLCA. **Resultados:** O pico de torque máximo extensor do joelho demonstrou uma redução de 61,46% e a EMG obteve redução de 64,13% quando comparado ao pré-operatório. Reduções percentuais de 12,36% e 17,17% na espessura muscular e ângulo de penação ocorreram respectivamente. Um aumento de 12,7% na espessura muscular e 2,17% no ângulo de penação foi percebido entre as avaliações pós-operatórias. **Conclusão:** Foram encontradas diferenças percentuais em todas as variáveis mensuradas após a RLCA. Reduções no trofismo e capacidade neuromuscular podem gerar deficiências no músculo quadríceps femoral, o que pode influenciar negativamente nas tomadas de decisões no momento da alta.

**Palavras-chave:** Arquitetura Muscular. Desempenho Neuromuscular. Trofismo. Eletromiografia. Ligamento Cruzado Anterior.

---

\* Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção do Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Fisioterapia Traumato-Ortopédica e Esportiva, sob orientação do Prof. Me. Marcio Oliveira.

## 1 INTRODUÇÃO

O joelho é uma das articulações mais lesionadas do corpo humano (OLIVEIRA, 2008). Devido ao fato de ser destinada a realização de movimentos rápidos, complexos e bruscos. Dentre as principais estruturas estabilizadoras do joelho, o ligamento cruzado anterior (LCA) representa a contenção primária para a translação tibial anterior sobre o fêmur. A lesão do LCA é uma das mais frequentes e debilitantes lesões que acometem o joelho, sendo objeto de estudo desde o século IX (OLIVEIRA, 2008; BEYNNON et al., 2005).

A reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) é um procedimento comum realizado por cirurgiões ortopédicos. Historicamente, esse procedimento era realizado primariamente em atletas lesionados que desejavam retornar aos seus níveis de atividade física anteriores a lesão. Devido ao resultado da melhora na técnica cirúrgica e na propedêutica para reabilitação, passou a ser indicado para a população de maior idade e em pacientes com deficiência crônica do LCA (SHELBOURNE, 2000; PINTO, 2000), no qual continua a ser padrão-ouro de tratamento para pacientes com ruptura do LCA, chegando até 245.000 reconstruções realizadas anualmente somados Estados Unidos e Europa. (FAILLA et al., 2016; MARX et al., 2003).

O crescente número de indivíduos envolvidos em atividades esportivas tem determinado o aumento significativo das lesões ligamentares do joelho, principalmente do LCA (COHEN, 1997; COHEN; ABDALLA, 2005). A RLCA tem por objetivo restaurar a normalidade e simetria do joelho lesionado, restabelecendo parâmetros de desempenhos funcionais iguais aos mesmos níveis anteriores a lesão. Praticamente, o objetivo é obter simetria entre os membros em amplitude de movimento, força, estabilidade e função (SHELBOURNE, 2007).

Dentre as complicações após a RLCA, a fraqueza do músculo quadríceps femoral, crepitação e dor na articulação patelofemoral podem estar presentes. A deficiência do joelho decorrente deste acometimento cirúrgico, muitas vezes é caracterizada por diminuição da força muscular, levando a incapacidades que podem ser atribuídas à atrofia muscular e comprometimento da atividade elétrica do músculo (ERIKSON et al., 2011; VASCONCELOS, 2009).

Diversos autores demonstram déficits na força do músculo quadríceps femoral do membro operado quando comparado ao membro sadio em até 31,8% para o pico de torque máximo do mecanismo extensor do joelho (ERIKSON et al., 2011; VASCONCELOS et al., 2009). Atualmente, evidências suportam que reduções consideráveis entre 20% a 40% ocorrem nesta variável no momento em que o indivíduo retorna para as atividades que exigem maiores demandas musculares (NOEHREN et al., 2016).

Em uma revisão sistemática, Lepley (2015) apresentou déficits acima de 23% em comparação pré-cirurgia e após três meses de cirurgia. Em estudo recente de identificação do torque máximo da articulação do joelho por meio da dinamometria isocinética em pacientes após RLCA, Czapplicki, Jarocka e Walawski (2015), também demonstrou uma redução de 13,2% da força muscular ao comparar o momento pré-operatório e 3 meses após a reconstrução no membro lesionado.

Dentre os mecanismos propostos para a perda de força, a alteração na arquitetura muscular tem sido proposta como um dos fatores a serem estudados (LOPPRESTI et al., 1988; KRISHNAN; WILLIAMS 2001). Os resultados de diversos estudos sobre a força muscular apontam que as diferenças encontradas após RLCA podem estar relacionadas a alterações morfológicas do músculo. Técnicas indiretas para mensurar a capacidade de resposta da atividade do músculo com eletromiografia de superfície têm levado a uma especulação que ocorra atrofia seletiva de fibras musculares do tipo II. No entanto, estas adaptações e características relacionadas à arquitetura muscular, ainda não são bem definidas. (SNYDER-MACKLEN et al., 1995; WITVROUW et al., 2001; NOEHREN et al., 2016).

O comprometimento da arquitetura muscular influencia diretamente na produção de força e conseqüentemente no desempenho neuromuscular. Longo et al. (2014), em um estudo transversal realizado em pacientes que utilizaram o enxerto do tendão patelar homolateral, avaliou a alteração da espessura muscular e ângulo de penação após RLCA. Em conclusão os autores encontraram que após 2 anos, houve uma redução na espessura muscular e uma não redução do ângulo de penação nestes pacientes. Porém, este estudo não identificou a arquitetura muscular no momento que antecede a cirurgia e logo após a RLCA de forma aguda.

Noehren et al. (2016) apresentaram alterações morfológicas e de desempenho neuromuscular em pacientes após 6 meses da RLCA, tendo como

enxertos o tendão dos flexores e o tendão patelar homolateral. Os resultados expostos pelos autores identificaram uma redução da força muscular do membro lesionado ao se comparar pré e pós-cirurgia de 25%. Em relação à arquitetura muscular houve uma redução estatisticamente significativa do volume muscular, ângulo de penação e área de secção transversa. Em conclusão, as implicações decorrentes da cirurgia estão presentes na arquitetura do músculo após a RLCA, onde mais estudos que demonstrem de fato as alterações da arquitetura muscular, frente ao desuso são necessários para maiores esclarecimentos (NOEHREN et al., 2016).

Visto que, alterações na articulação do joelho inerentes à cirurgia de RLCA, induzem alterações e complicações na plasticidade muscular que culminam na atrofia muscular, perda de força e diminuição da resposta elétrica do músculo, o presente estudo teve por objetivo identificar as adaptações temporais da arquitetura e desempenho neuromuscular do joelho, decorrentes do procedimento cirúrgico, ao longo de 3 meses de acompanhamento. Para tal finalidade, utilizamos como técnica de reconstrução ligamentar o tendão patelar homolateral. Para mensurarmos as adaptações pré-cirúrgicas e pós-cirúrgicas, foram realizadas 3 avaliações. Os pacientes foram avaliados no período pré-cirúrgico (uma semana antes da cirurgia) e pós-cirúrgico (quatro (4) semanas e 3 meses após a cirurgia), por meio dos seguintes parâmetros: Espessura muscular, ângulo de penação, comprimento do fascículo, sinal eletromiográfico (EMG) e o pico de torque isométrico voluntário máximo (CIVM).

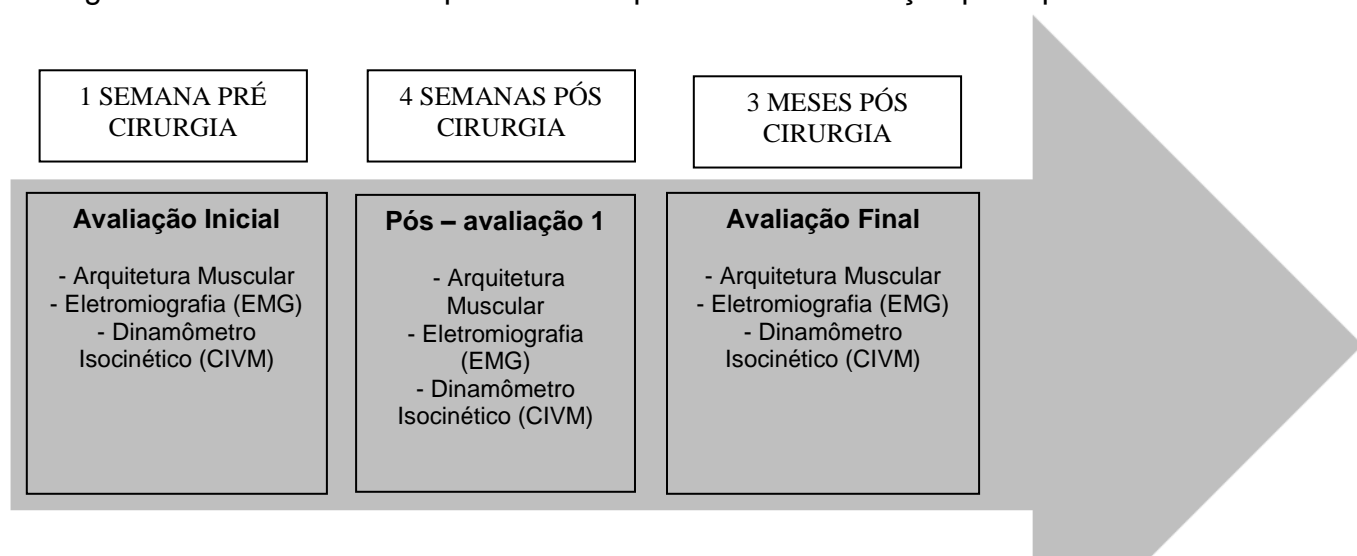
## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi realizado um estudo longitudinal, composto por pacientes do gênero masculino com distintas ocupações, praticantes de atividade física, submetidos à cirurgia de RLCA com técnica cirúrgica utilizando o enxerto do tendão patelar homolateral (TPH), os mesmos foram encaminhados para o estudo através do médico coparticipante, no qual desempenha suas atividades no Hospital Ortopédico e Medicina Especializada/HOME, localizado na cidade de Brasília-DF.

Para fins de critérios objetivos, foram estabelecidas as variáveis dependentes do estudo: *Espessura muscular, ângulo de penação, comprimento do fascículo, eletromiografia de superfície (EMG) e o pico de torque isométrico dos músculos extensores do joelho do membro operado.*

As variáveis dependentes foram avaliadas antes e após o procedimento cirúrgico. A avaliação inicial (pré-cirurgia) foi realizada uma (1) semana antes do procedimento cirúrgico. As demais avaliações pós-operatórias foram realizadas quatro (4) semanas; 3 meses após a RCLA (Figura 1).

Figura 1. Delineamento esquemático do processo de avaliação pós-operatório



**Figura 1.** Delineamento esquemático, ilustrando as diferentes etapas de protocolo de pesquisa proposto. Primeira semana pré-operatório: avaliação inicial (pré-cirurgia). 4 semanas após a cirurgia (Pós-avaliação1); 12 semanas após a cirurgia será realizada a avaliação final. As avaliações pré e pós-intervenção, respeitarão a mesma ordem e os mesmos parâmetros a serem avaliados. O pico de torque do mecanismo extensor do joelho será avaliado por meio do dinamômetro isocinético biodex system 4 pro. A arquitetura muscular será avaliado por meio do ultrassom portátil. (Pesquisa do autor, 2017).

Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

Anteriormente à realização do procedimento cirúrgico, os mesmos realizaram uma anamnese prévia com o pesquisador responsável, obtendo por meio desta, os aspectos de saúde em geral e os critérios de inclusão e exclusão do estudo. Posteriormente realizaram a avaliação inicial (pré-cirurgia) descrita acima. Após a cirurgia (uma semana) os participantes do estudo foram encaminhados ao procedimento convencional de reabilitação do aparelho locomotor, no qual não obtivemos o controle e padronização do processo de intervenção. Qualquer intercorrência relacionada aos voluntários de competência médica, foram devidamente solucionadas pelo médico responsável da instituição coparticipante, Dr. José Humberto de Souza Borges, CRM 16588-DF, TEOT 13282, o qual atende no Hospital Ortopédico e Medicina Especializada (HOME), localizado em Setor de Grandes Áreas Sul, Quadra 613 - Conjunto C, Brasília-DF. Depois de informados quanto aos propósitos e riscos eminentes do estudo, os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dando ciência ao estudo.

Este estudo foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da faculdade de ciências da saúde da Universidade de Brasília (UNB), tendo o Centro Universitário de Brasília – UniCEUB como instituição coparticipante sob número do CAAE: 52863616.0.0000.0030, respeitando os princípios éticos da resolução CNS 466/2012 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

O processo de reabilitação dos voluntários foi realizado no Centro de Atendimento Comunitário (CAC) do Centro Universitário de Brasília – UNICEUB. As avaliações realizadas no laboratório de força da faculdade de educação física da Universidade de Brasília (UnB), ambas localizadas em Brasília/DF.

A avaliação inicial realizada uma semana antes da cirurgia, respeitou a seguinte ordem: (1) Arquitetura muscular, realizada por meio do ultrassom portátil (US); (2) Goniometria dos joelhos; (3) Perimetria muscular; (5) Dinamometria isocinética a fim de mensurarmos o pico de torque da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), juntamente com a avaliação eletromiografia de superfície de alta densidade (EMG). Depois de completados 4 semanas e 3 meses de RLCA foram realizadas novamente as avaliações, seguindo a mesma ordem e protocolo descrito anteriormente. Os participantes foram orientados a absterem-se do uso de anti-inflamatórios não-esteroidais e suplementos nutricionais (HOWATSON; GOODALL; VAN SOMEREN, 2009).

Para obtenção da arquitetura muscular, imagens foram conduzidas no músculo vasto lateral. Para tanto, foi utilizado o equipamento de US portátil (SonoSite, M- Turbo®), manuseado por um único examinador. A espessura muscular foi determinada pela média da espessura de três imagens realizadas no vasto lateral, utilizando o programa de análise ImagemJ®.

Os sítios das medidas foram precisamente localizados e marcados com caneta demográfica de alta fixação a fim de determinar que as aferições ao longo das avaliações subsequentes tivessem sido realizadas no mesmo local. Os participantes foram posicionados em decúbito dorsal e as avaliações realizadas no ponto médio da coxa, localizado na distância média entre o trocânter do fêmur e a linha articular do joelho (entre os côndilos do fêmur e da tíbia).

O transdutor do ultrassom foi posicionado perpendicularmente a superfície da pele e usado gel a base de água, a fim de fornecer um melhor contato acústico entre o transdutor e a superfície cutânea. As interfaces entre os tecidos adiposos subcutâneo-músculo e músculo-osso foram adotadas como as medidas

representativas da espessura muscular. Este método determinou a espessura do músculo avaliado. A validade desta medida foi certificada em estudo prévio (MIYATANI; KANEHISA; FUKUNAGA, 2000). O coeficiente intraclasse demonstrou alta reprodutibilidade da medida ( $r = 0.972$ ).

A amplitude de movimento foi avaliada utilizando o Goniômetro (RM®) para medida, em graus, de flexão e extensão do joelho. A perimetria muscular foi verificada a partir da utilização de fita antropométrica (Cescorf®) e com medidas de circunferência iniciadas na região da tuberosidade da tíbia e subindo em direção a crista ilíaca ântero-superior da articulação do quadril de 5 em 5 cm até completar 20cm.

A CIVM foi mensurada por meio do Dinamômetro isocinético (Biodex system 4 Pro®). O quadril dos participantes foi posicionado em 80° de flexão e o joelho em 60° de flexão (0° de extensão total). O braço de alavanca foi fixado dois centímetros acima do maléolo lateral da fíbula e o eixo de rotação do dinamômetro alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur, sendo que a articulação do tornozelo permaneceu livre durante o teste.

Todos os procedimentos foram realizados no membro que recebeu o enxerto, a fim de mensurar as alterações neuromusculares em relação ao tempo de forma unilateral. Os participantes realizaram um aquecimento de dez (10) CIVM de 6 segundos de duração do grupo extensor de joelho, com intervalo de um (10) segundos entre as repetições para recuperação. Após o aquecimento realizaram duas (2) CIVM com 6 segundos de duração do grupo extensor de joelho, com intervalo de um (1) minuto entre as séries para recuperação, a fim de mensuramos em definitivo o pico de torque voluntário máximo. O mesmo foi encorajado verbalmente a realizar o esforço máximo.

O registro e processamento dos sinais eletromiográficos foram baseados nas recomendações e cuidados propostos por Soderberg e Knutson (2000). Os procedimentos de colocação dos eletrodos foram embasados nas diretrizes do SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (HERMENS et al., 2000).

Foi utilizado um eletromiógrafo de superfície portátil de 4 canais (Miotool, Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, Brasil), com resolução de 14bits, nível de ruído < 2LSB e modo de rejeição comum de 110db, com distância de 20mm entre os pólos de captação. O eletrodo de referência foi acoplado na proeminência óssea da

patela. A conexão foi realizada por meio de um cabo extensor a um pré-amplificador de alta impedância, os sinais ajustados a uma amostragem de 2.000Hz e um ganho final de 1000 vezes nos canais habilitados.

Os eletrodos foram posicionados sobre o ventre muscular e em paralelo às fibras musculares do músculo vasto lateral (VL) segundo a descrição de Basmajian e DeLuca (1985) e de acordo com a metodologia proposta pelo SENIAM (Figura 2).

FIGURA 2 - Posicionamento dos eletrodos da eletromiografia (indicado pela marca X), com base no método SENIAM. No lado esquerdo o músculo vasto medial; ao centro, o vasto lateral; e à direita, o reto femoral.



Fonte: [www.seniam.com.br](http://www.seniam.com.br)

Antes da colocação dos eletrodos a área foi tricotomizada e, em seguida, realizada uma leve abrasão com uma lixa e assepsia com álcool 70%. A captação e normalização dos dados eletromiográficos foram medidos durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) com a articulação do joelho posicionada a 60°, tendo como referencial de 0° a extensão completa do joelho. A amplitude do sinal eletromiográfico durante a CIVM foi calculada por meio do RMS (*root mean square*).

### 3 RESULTADOS

A amostra foi composta por 3 indivíduos, todos do gênero masculino, com idade média (26,66 anos), variando de 18 a 54 anos, peso médio (86,5 kg) e estatura média (173,66) (tabela 1). Todos os voluntários foram destros para a variável dominância e o joelho mais acometido pela ruptura do LCA foi o joelho direito (2). O esporte mais praticado relatado pelos voluntários foi o futebol.



**Tabela 1:** Média e desvio da distribuição dos indivíduos.

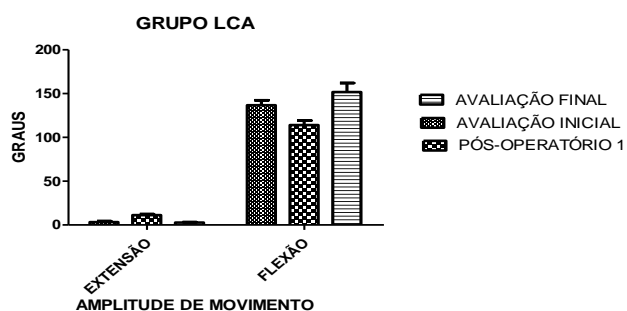
N		GRUPO RLCA	
		Média	Desvio Padrão
3	IDADE	26,66	6,42
	PESO	86,5	24,74
	ESTATURA	173,66	5,03

Nossos resultados apresentaram uma diminuição percentual de 70,88% da amplitude de movimento de extensão e 16,59% de flexão do joelho ao se comparar o momento da avaliação inicial (pré - cirurgia) e pós-operatório 1 (4 semanas). O valor da ADM da avaliação inicial comparado a avaliação final (3 meses) obtivemos ganho da ADM de flexão do joelho de 9,9% e uma diferença na extensão do joelho de 20,13%. O momento entre a avaliação pós-operatória 1 e avaliação final, percebeu-se um ganho de 76,53% e 24,84% de extensão e flexão, respectivamente.

A figura 3 demonstra em (graus) os valores relacionados a amplitude de movimento (ADM) do momento da avaliação inicial e pós-operatório para os movimentos de extensão e flexão do joelho.

**Figura 3:** Amplitude de movimento pré e pós-operatório do joelho. (Eixo x: medidas em graus e eixo y:

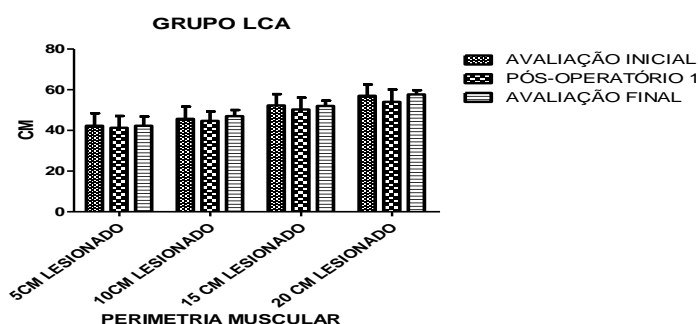
medidas da amplitude de movimento para extensão e flexão do joelho).



Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

Após análise referente à perimetria muscular (cm), não obtivemos valores expressivos que pudéssemos identificar uma diferença entre as avaliações pré e pós-operatória no membro lesionado. A figura 4 Apresenta as medidas realizadas para: 5cm, 10cm,15cm e 20cm da musculatura da coxa (quadríceps femoral).

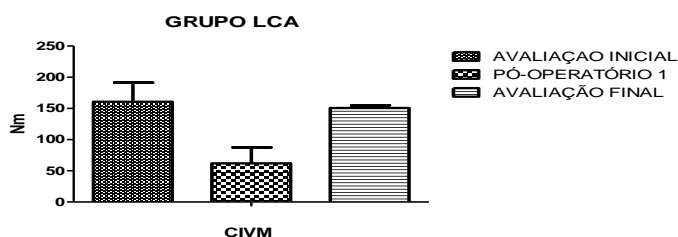
**Figura 4:** Perimetria Muscular pré e pós-operatório do joelho. (Eixo x: medidas em cm da circunferência e eixo y: pontos de medidas da perimetria muscular para o membro lesionado e não lesionado).



Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

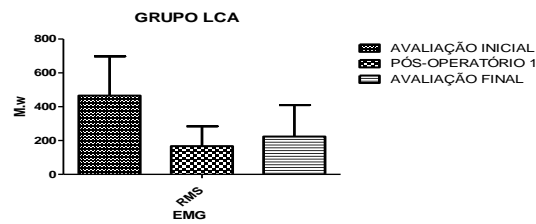
A contração isométrica voluntária máxima (CIVM) demonstrou uma redução de 61,46 % do pico de torque extensor do joelho quando comparado com ao pós-operatório 1 e 6,24% de diferença ao se comparar com a avaliação final. Entre as avaliações do pós-operatório 1 e avaliação final, obtivemos ganho de força muscular entre as avaliações, compreendido em 41,10%. Os resultados da atividade elétrica muscular (EMG) do músculo vasto lateral, obteve uma redução de 64,13% para o pós-operatório 1 e 51,9% para a avaliação final. Ao comparar a avaliação pós-operatório 1 e avaliação final ganho na atividade elétrica muscular (RMS) compreendido em 25,47% foi observado (Figura 5 e 6; Tabela 2).

**Figura 5:** CIVM pré e pós-operatório do joelho. (Eixo x: medida em Nm da CIVM da extensão do joelho e eixo y: momento da avaliação CIVM).



Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

**Figura 6:** RMS pré e pós-operatório do joelho. (Eixo x: medida em M.w da RMS do músculo vasto lateral do joelho e eixo y: momento da avaliação da EMG).



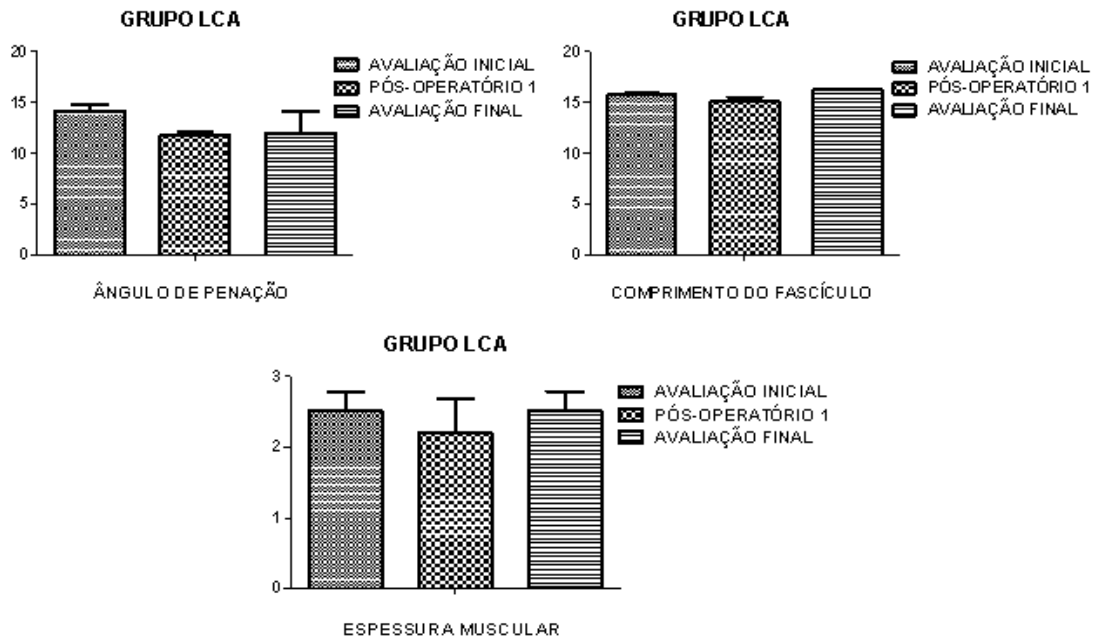
Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

**Tabela 2:** Média, desvio padrão e diferença em percentual da CIVM e EMG.

Variáveis	Avaliação Inicial	Pós-Operatório 1	Diferença %
	Média/dp	Média/dp	
Pico de torque (Extensão)	160,66/30,65	61,93/25,63	- 61,46
Ativação elétrica muscular (EMG) – RMS	465,38/232,43	166,97/117,33	- 64,13
	Avaliação Inicial	Avaliação Final	
	Média/dp	Média/dp	
Pico de torque (Extensão)	160,66/30,65	150,65/4,27	- 6,24
Ativação elétrica muscular (EMG) – RMS	465,38/232,43	223,89/185,71	- 51,9
	Pós-operatório 1	Avaliação Final	
	Média/dp	Média/dp	
Pico de torque (Extensão)	61,93/25,63	150,65/4,27	58,9
Ativação elétrica muscular (EMG) - RMS	166,97/117,33	223,89/185,71	25,43

Em relação à arquitetura muscular, as variáveis: espessura muscular, ângulo de penação e comprimento do fascículo estão representadas na figura 7. Imagens ilustrativas referentes às fases da avaliação da arquitetura muscular, podem ser visualizadas na figura 8.

**Figura 7:** Arquitetura Muscular pré e pós-operatório do músculo vasto lateral do joelho.



Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

Observamos que ao se comparar o período da avaliação inicial e pós-operatório 1, houve redução percentual de 12,36% e 17,17% na espessura muscular e ângulo de penação, respectivamente. Um aumento de 0,4% na espessura muscular e uma redução de 15,33% no ângulo de penação na comparação com a avaliação final foi observado.

Ao compararmos as duas avaliações pós-cirúrgicas obtivemos um aumento de 12,7% na espessura muscular e 2,17% no ângulo de penação entre as avaliações. Em relação ao comprimento do fascículo, houve uma redução de 4,32% da avaliação inicial para pós-cirúrgico 1 e comparando as condições pós-cirúrgicas ocorreu um aumento no comprimento do fascículo de 2,92% (Tabela 5).

**Tabela 5:** Média, desvio padrão e diferença em porcentagem da arquitetura Muscular.

Variáveis	Avaliação Inicial	Pós-operatório 1	Diferença %
	Média/dp	Média/dp	
Espessura Muscular	2,51/0,269	2,20/0,49	- 12,36
Ângulo de penação	14,16/0,52	11,73/0,35	- 17,17
Comprimento do Fascículo	15,75/0,12	15,07/0,49	- 4,32

	Avaliação Inicial	Avaliação Final	
	Média/dp	Média/dp	
Espessura Muscular	2,51/0,269	2,52/0,26	- 0,4
Ângulo de penação	14,16/0,52	11,99/2,05	- 15,33
Comprimento do Fascículo	15,75/0,12	16,23/0,8	2,92

	Pós-operatório 1	Avaliação Final	
	Média/dp	Média/dp	
Espessura Muscular	2,20/0,49	2,52/0,26	12,7
Ângulo de penação	11,73/0,35	11,99/2,05	2,17
Comprimento do Fascículo	15,07/0,49	16,23/0,8	7,15

**Figura 8:** Imagem do ultrassom das medidas de avaliação da espessura muscular do músculo vasto lateral.

Fonte. Pesquisa do autor, 2017 (Produzida pelo autor do trabalho).

#### 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada a análise descritiva de todas as variáveis do estudo, aplicando média e desvio padrão, tabelas e gráficos. Para análise estatística da homogeneidade das variáveis dependentes, aplicado o teste de Shapiro Wilks. Foi utilizado o programa estatístico (versão 17.0; SPSS Inc, IL, USA).

#### 5 DISCUSSÃO

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) resulta em deficiências de curto e longo prazo. Em curto prazo a fraqueza do quadríceps e a redução da resposta da atividade elétrica estão relacionadas com essa deficiência, a longo prazo evidências suportam que disfunção persistente do quadríceps também estejam presentes (LONGO et al., 2014).

Nossos resultados acerca das adaptações temporais decorrentes da RLCA apresentaram algumas características que podem ser relacionadas a este evento. Dentre as observações a respeito do comportamento da espessura muscular, nossos achados corroboram com Longo et al. (2014) no qual, ao realizarem um estudo transversal em pacientes após a RLCA com o enxerto do tendão patelar homolateral, encontraram reduções significativas em todos os pacientes avaliados para esta variável. Porém os autores concluíram que após dois anos de RLCA não houve diferença no ângulo de penetração do músculo vasto lateral. Em nossos achados apesar de ser realizado de forma aguda, identificamos uma redução em percentual do ângulo de penetração.

Strandberg et al. (2013), identificaram os efeitos gerados em um estágio agudo de avaliação pós-operatória, classificado pelos autores como dois (2) meses sobre a arquitetura muscular de 62 pacientes. Os autores apresentaram uma redução de 5% da área de secção transversa do músculo quadríceps femoral do membro lesionado. Os autores também não encontraram reduções significativas para as variáveis, espessura muscular e ângulo de penetração. Porém, estes resultados podem sofrer limitações inerentes ao fato de não padronizarem quanto ao uso do tipo de enxerto e mensuração das variáveis no momento pré-operatório.

Noehren et al. (2016), apresentaram alterações morfológicas após RLCA, tendo como enxerto o tendão patelar homolateral. Em relação à arquitetura

muscular, redução estatisticamente significativa do volume muscular, ângulo de penação e área de secção transversa foram observadas. Em conclusão, as implicações decorrentes da cirurgia estão presentes na arquitetura do músculo após a RLCA, onde mais estudos que demonstrem de fato as alterações da arquitetura muscular, frente ao desuso são necessários para maiores esclarecimentos.

Uma redução do ângulo de penação limitará o número de fibras em uma determinada área e conseqüentemente resultará em menor desenvolvimento de força. Redução da espessura muscular mensurada pelo Ultrassom está correlacionada com redução de força e atrofia muscular (MICKLE et al., 2013).

O ângulo de penação tem sido associado com a quantidade de sarcômeros em paralelo nas fibras musculares, onde estão intimamente ligados com a capacidade máxima de geração de força na fibra muscular (VAZ et al., 2013). Mensurar estes parâmetros nos permite um entendimento de como a mudança da plasticidade muscular do quadríceps poderá ser relacionada ao desuso muscular após a RLCA.

Alguns pesquisadores apresentam convicções que o tempo de acompanhamento após RLCA de seis meses é um período suficiente para a recuperação da articulação do joelho. Os resultados de diversos estudos apresentaram que alterações na cinemática da articulação e na força muscular do quadríceps podem estar presentes um ano ou mais após a reconstrução. Kvist et al. (2004), em sua revisão discutiu 34 estudos sobre reabilitação após a reconstrução do LCA, onde apresentou em seus resultados que a diferença entre o momento pré e pós-operatório em média 5 meses do membro lesionado foi compreendida em 13%.

A técnica de RLCA tem sido aperfeiçoada e vem apresentando bons resultados no processo de reabilitação. O sucesso no tratamento do LCA se caracteriza pelo retorno ao esporte no mesmo nível antecedente a lesão, o que tem sido relatado entre 26% e 97% dos casos (LOBO et al., 2013).

A utilização da dinamometria isocinética permiti uma mensuração mais precisa acerca do desempenho muscular do quadríceps, tornando possível a observação da simetria existente entre os membros em diferentes fases do tratamento (AMATUZZI, 2001, OLIVEIRA, 2008).

As diferenças percentuais encontradas para o membro lesionado neste estudo, apresenta após a RLCA, o membro lesionado possui valores de pico de

torque abaixo em comparação com o mesmo membro no pré-operatório. Hsieh et al. (2014), ao avaliar vinte e oito indivíduos após 12 semanas de reconstrução do LCA, demonstrou que o pico de torque extensor bem como a taxa média de desenvolvimento de torque foram menores no membro lesionado em comparação com o membro sadio, sugerindo que o desenvolvimento de torque na musculatura do quadríceps deve ser abordada imediatamente no pós-operatório imediato e criteriosamente durante todo o processo de reabilitação.

Nossos resultados se assemelham com demais autores que encontraram deficiências no quadríceps em pacientes submetidos a RLCA, onde a musculatura extensora deficiente, apresenta maiores alterações no membro lesionado quando comparado com o membro sadio, mesmo depois de algum tempo de cirurgia de RLCA (GIGLIOTAKAES, 2014).

Acreditamos que os resultados negativos comparando o momento pré e pós-operatório sobre o desempenho neuromuscular do mecanismo extensor do joelho, possam ser relacionados à diminuição de variáveis relacionadas a arquitetura muscular, onde uma redução destas medidas, podem influenciar a perda na capacidade de geração de força.

## **5 CONCLUSÃO**

Concluimos que as diferenças percentuais decorrentes do procedimento cirúrgico foram encontradas em todas as variáveis mensuradas após a RLCA em diferentes fases de mensuração. Uma redução da capacidade neuromuscular pode gerar deficiências no músculo quadríceps femoral, o que pode influenciar de forma negativa as tomadas de decisões no momento da alta segura para o paciente, o que implicará diretamente no retorno a sua prática esportiva. Porém, este estudo sofreu limitações devido ao número restrito e pequeno de participantes. Sugerimos que mais pesquisas que mensure e relacione o trofismo e o desempenho neuromuscular após a RLCA sejam realizadas para maiores esclarecimentos acerca dessas adaptações.





## TEMPORAL ADJUSTMENTS OF THE ARCHITECTURE AND NEUROMUSCULAR PERFORMANCE OF THE KNEE IN PATIENTS SUBMITTED TO SURGERY OF RECONSTRUCTION OF THE PREVIOUS ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT

### ABSTRACT

**Introduction:** Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is a common surgical procedure among orthopedic surgeons. Among complications after RLCA, quadriceps muscle weakness may be present. Knee deficiency is often characterized by decreased muscle strength, leading to disabilities that can be attributed to muscle atrophy and impaired neuromuscular capacity. **Objective:** To verify the temporal adaptations regarding the architecture and neuromuscular performance of patients submitted to anterior cruciate ligament surgery. **Methodology:** This study is characterized as longitudinal, composed of patients submitted to RLCA surgery using the homolateral patellar tendon graft (TPH). The dependent variables were evaluated before and after the RCLA. **Results:** The maximal peak torque of the knee showed a reduction of 61.46% and the EMG obtained a reduction of 64.13% when compared to the preoperative one. Percentage reductions of 12.36% and 17.17% in muscle thickness and penetrant angle occurred respectively. An increase of 12.7% in muscle thickness and 2.17% in the penis angle was noticed between the postoperative evaluations. **Conclusion:** Percentage differences were found in all variables measured after the RLCA. Reductions in trophism and neuromuscular capacity may lead to deficiencies in the quadriceps femoralis muscle, which may negatively influence decision making at discharge.

**Key words:** Muscle Architecture. Neuromuscular Performance. Trophism. Electromyography. Anterior Cruciate Ligament.

## REFERÊNCIAS

AMATUZZI, M. M ;TERRERI, A. S. A. P.; GREVE, J. M.D. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Rev Bras Med Esporte**, v. 7, n. 2, p. 62-6, 2001.

BEYNNON, B. D. et al. The effect of estradiol and progesterone on knee and ankle joint laxity. **The American journal of sports medicine**, v. 33, n. 9, p. 1298-1304, 2005.

BASMAJIAN, J. V.; DE LUCA, C. J. **Muscles alive**: their functions revealed by electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.

COHEN, M. *et al.* Lesões ortopédicas no futebol. **Rev Bras Ortop**. v. 32, p. 940-944, 1997.

COHEN, M; ABDALLA,R. Lesões nos Esportes. Diagnóstico, prevenção, tratamento: 2. Ed. **Revinter**, 2005.

CZAPLICKI, A.; JAROCKA, M.; WALAWSKI, J. Isokinetic identification of knee joint torques before and after anterior cruciate ligament reconstruction. **PloS one**, v. 10, n. 12, 2015.

ERIKSSON K. et al., There are differences in early morbidity after ACL reconstruction when comparing patellar tendon and semitendinosus tendon graft. A prospective randomized study of 107 patients. **Scand J Med Sci Sports**. V. 11, p. 170- 7, 2011.

FAILLA M. et al., Does Extended Preoperative Rehabilitation Influence Outcomes 2 Years After ACL Reconstruction?: A Comparative Effectiveness Study Between the MOON and Delaware-Oslo ACL Cohorts. **Am J Sports Med**, v.44, n.10, p. 2608-2614, 2016.

GGLIOTAKAES I, MITUSOISADA M, MIRANDA J, CUNHA S, PIEDADE S. Isokinetic evaluation after two-stage bicruciate reconstruction. *Acta ortop. Bras*, vol 22, n.1,2014.

MARX, RG. et al., Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopaedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. **Arthroscopy**, v 19, n. 7, p. 762-770, 2003.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-74, 2000.

HOWATSON, G; GOODALL, S; VAN SOMEREN, K. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 105, n 4 p 615-621, 2009.

KRISHNAN, C; WILLIAMS, G.N. Factors explaining chronic knee extensor strength deficits after ACL reconstruction. **J Orthop Res**. V. 29, n. 5, p. 633-40, 2011.

KVIST, J. et al., Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. **Sports Med**. v. 34, p. 269–280, 2004.

LOPRESTI, C. et al. Quadriceps insufficiency following repair of the anterior cruciate ligament. **J Orthop Sports Phys Ther**. v. 9, n.7, p. 245-9, 1988.

LEPLEY, Lindsey K. Deficits in quadriceps strength and patient-oriented outcomes at return to activity after ACL reconstruction: a review of the current literature. **Sports health**, v. 7, n. 3, p. 231-238, 2015.

LONGO, U.G. et al. The architecture of the ipsilateral quadriceps two years after successful anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft. **Knee**. v. 21, n. 3, p. 721-5, Fev, 2014.

LOBO, P. et al. Retorno ao esporte após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. Programa de atualização em traumatologia e ortopedia. **PROATO**. 2013.

MICKLE, K. J. et al. Reliability of ultrasound to measure morphology of the toe flexor muscles. **J Foot Ankle Res**. v. 6, n. 1, p. 12, 2013.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm. **Eur J Appl Physiol**. v. 82, n. 5-6, p. 391-6, 2000.

NOEHREN, B. et al. Cellular and Morphological Alterations in the Vastus Lateralis Muscle as the Result of ACL injury and Reconstruction. **J Bone Joint Surg Am**. v.98, p. 1541-7, 2016.

OLIVEIRA, M. Desempenho Isocinético do joelho após a lesão e reconstrução primária do ligamento cruzado anterior utilizando enxerto do ligamento patelar contralateral. **Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília**. 179 f, 2008.

PINTO, S.A. Utilização da dinamometria isocinética na reabilitação muscular em pós-cirúrgico de ligamento cruzado anterior. **Reabilitar**. v.7, p. 11-15, 2000.

SHOEMAKER, J. K.; TIIDUS, P. M.; MADER, R. Failure of manual massage to alter limb blood flow: measures by Doppler ultrasound. **Med Sci Sports Exerc**. v. 29, n. 5, p. 610-4, 1997.

SHELBOURNE, K.D.; URCH, S. E. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon. **The American journal of sports medicine**. v. 28, n. 3, p. 651-658, 2000.

SHELBOURNE, K. D.; VANADURONGWAN, B.; GRAY, T. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using contralateral patellar tendon autograft. **Clin Sports Med**. v. 26:

p.549-565, 2007.

SNYDER-MACKLER, L. et al. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. **J Bone Joint Surg Am.** v.77, n.8, p.1166-73, 1995.

SODERBERG, G. L.; KNUTSON, L. M. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. **Phys Ther.** v. 80, n. 5, p. 485-98, 2000.

STRANDBERG, S. et al. Muscle morphometric effect of anterior cruciate ligament injury measured by computed tomography: aspects on using non-injured leg as control. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 14, n. 1, p. 150, 2013.

THOMAS, T. et al. Reliability and validity of the ultrasound technique to measure the rectus femoris muscle diameter in older CAD-patients. **BMC Med Imaging.** v. 12, p. 7, 2012.

VAZ, M. A. et al. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) reduces structural and functional losses of quadriceps muscle and improves health status in patients with knee osteoarthritis. **J Orthop Res.** v. 31, n. 4, p. 511-6, 2013.

VASCONCELOS, R. et al. Análise da correlação entre pico de torque, desempenho funcional e frouxidão ligamentar em indivíduos normais e com reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Rev Bras Ortop.** v.44, n.2, p. 134-42, 2009.

WATANABE, Y. et al. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. **Clin Interv Aging.** v. 8, p. 993-8, 2013.

WITVROUW, E. et al. Patellar tendon vs. doubled semitendinosus and gracilis tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. **Int Orthop.** v.25, p. 308-311, 2001.